



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD Z OBJEKTU DOMU
V OBCI VOLEČ PRO ZÁVLAHU A ZASAKOVÁNÍ**

USE OF FAMILY HOUSE RAINWATER FOR IRRIGATION AND SOAKING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Renáta Sirůčková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA HYÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Renáta Sirůčková
Název	Využití dešťových vod z objektu domu v obci Voleč pro závlahu a zasakování
Vedoucí práce	Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

KULHAVÝ, Z. et al. Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině. Praha: VÚMOP, 2015. ISBN 978-80-87361-52-8.

ŠÁLEK, Jan. Závlahové stavby. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0497-3.

TŮMA, Jan. Zavlažujeme zahradu: moderní hospodaření s vodou. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-0083-2.

ČSN EN 13742-1 Zavlažovací technika - Stabilní systémy pro závlahu postřikem - Část 1: Výběr, návrh, plánování a instalace

TNV 75 4310 Závlahová zařízení pro mikrozávlahy

TNV 75 4307 Závlahová zařízení podrobná pro postřik

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude z části koncipována jako literární rešerše v oblasti akumulace, využití a infiltrace dešťových vod ze střech a zpevněných ploch. Rozebrány budou jednotlivé systémy, možnosti a vhodnost jejich použití.

Druhou částí práce bude aplikace získaných poznatků pro vypracování studie hospodaření s dešťovou vodou v objektu rodinného domu v obci Voleč, Prdubický kraj. Bude vybrána nejvhodnější varianta a zpracováno technické řešení závlahového a infiltračního systému. Studie bude obsahovat jak textovou, tak výkresovou část v rozsahu dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřená na problematiku dešťových vod a jejich využívání. Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V první části práce je řešeno obecné rozdělení dešťových vod, od vzniku jednotlivých srážek, jejich složení a kvalita, až po jejich povrchový odtok. Dále jsou rozebrány jednotlivé možnosti jejich čištění a následné akumulace a zasakování. Součástí práce jsou i způsoby využívání dešťových vod od domácnosti po zahradu. V druhé části je řešena konkrétní lokalita pro využívání dešťových v okolí rodinného domu. Dané území se nachází v obci Voleč v Pardubickém kraji. Je zde zpracováno kompletní řešení akumulace dešťových vod, závlah a zasakování.

Klíčová slova

dešťové vody, kvalita, využití, závlaha, zasakování

Abstract

This bachelor thesis is focused on problems of rainwater and their use. The thesis is divided on two parts, theoretical and practical. The first part of the thesis deals with the general distribution of rainwater, from the creation of individual precipitation, their composition and quality, up to their surface runoff. Further, the individual possibilities of their cleaning and subsequent accumulation and soaking are analyzed. Part of the work is also the use of rainwater from the household to the garden. In the second part the specific location for the use of rainwater around a family house is solved. The specific location is situated in the village Voleč in the Pardubice Region. Here is a complete solution accumulation of rainwater, irrigation and soaking.

Key word

rainwater, quality, utilization, irrigation, soaking

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Renáta Sirůčková *Využití dešťových vod z objektu domu v obci Voleč pro závlahu a zasakování*. Brno, 2018. 44 s., 22 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2018

Renáta Sirůčková
autor práce

Poděkování

Děkuji vedoucí mé bakalářské práce Ing. Evě Hyánkové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	CÍL PRÁCE	2
3	DEŠŤOVÉ VODY	3
3.1	Srážkové procesy	3
3.2	Srážkové poměry v České republice	4
3.3	Povrchový odtok dešťových vod.....	5
3.4	Kvalita a složení dešťových vod	5
3.4.1	Látkové znečištění v atmosférických srážkách.....	6
3.4.2	Vznik znečištění na zemském povrchu.....	6
4	VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD	9
4.1	Způsoby předčištění	9
4.1.1	Způsoby předčištění dešťových vod akumulovaných do nádrží.....	10
4.1.2	Způsoby předčištění dešťových vod při zasakování.....	14
4.2	Možnosti akumulace dešťové vody – zásobní nádrže.....	15
4.2.1	Plastové nádrže	15
4.2.2	Betonové nádrže	16
4.3	Využití v domácnosti	17
4.4	Závlaha.....	18
4.4.1	Závlaha postřikem.....	19
4.4.2	Mikrozávlaha	19
4.5	Zasakování	20
4.5.1	Legislativa.....	20
4.5.2	Předpoklady pro vsakování.....	21
4.5.3	Návrh vsakovacího zařízení.....	22
4.5.4	Rozdělení vsakovacích zařízení.....	22
5	PRAKTICKÁ ČÁST – STUDIE ŘEŠENÍ U RODINNÉHO DOMU	25
5.1	Řešená lokalita	25
5.1.1	Současný stav.....	25
5.1.2	Obec Voleč	25
5.1.3	Zájmové území	26
5.1.4	Hydrogeologické poměry	27
5.1.5	Hydropedologické charakteristiky	27
5.1.6	Určení hydraulické vodivosti.....	27
5.1.7	Hydrologické poměry	30
5.2	Navrhované řešení.....	30
5.3	Hospodaření s dešťovou vodou.....	31
5.3.1	Měsíční bilance srážek.....	31

5.3.2	Výpočet množství dešťových vod	32
5.3.3	Akumulace	33
5.3.4	Vsakovací objekt.....	34
5.3.5	Závlahový systém	35
6	ZÁVĚR	38
	BIBLIOGRAFIE.....	39
	SEZNAM TABULEK	42
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	43
	SEZNAM PŘÍLOH.....	44
	Výpočetní část.....	44
	Výkresová část.....	44

1 ÚVOD

Voda je nedílnou součástí a existence veškerého života na Zemi. My lidé ji potřebujeme jako vodu pitnou, ale také jako vodu užitkovou pro naše každodenní potřeby.

Jedním ze zdrojů užitkových vod mohou být vody dešťové, které nám v mnoha případech mohou pitnou vodu zastoupit nebo dokonce i nahradit. Realizací systémů na zadržování a využívání dešťové vody se snažíme přispět k udržení vody v krajině a ke zlepšení stavu podzemních vod.

V dnešní době je problematika využívání dešťových vod velmi často řešená. S nastupující klimatickou změnou se projevují významnější výkyvy v trvání a intenzitě srážky, ale i v rozložení v průběhu roku. Mnohem častěji se stává, že přijdou srážky, které mají krátkou dobu trvání, působí na menší plochu, ale o to více jsou intenzivnější. Tyto dešťové vody nám nejsou ničím přínosné, protože nadělají mnoho škod. Většina z nich se nestačí infiltrovat, tím pádem sebou při odtoku berou zeminu a veškeré nečistoty, které se k ní přichytí. Naopak z dlouhodobých a méně intenzivních srážek působících na větší plochy máme spoustu možností, jak je akumulovat a dále využívat.

V průběhu posledních let jsme si mohli povšimnout i jako nezažití pozorovatelé, že dochází k nenávratnému poklesu vodních hladin v tocích, někdy až k úplnému vyschnutí. Taktéž dochází k poklesu podzemní vody, které zaznamenávají nejen lidé, kteří mají vlastní zdroje vody např. studně. Je to důsledek stále trvajících deficitů, který bude mít dlouhodobý a velmi pomalý návrat k původnímu rozsahu jak vod povrchových, tak podzemních. Tento deficit je způsoben mnoha fakty. Mezi ty patří změna klimatických poměrů, které můžeme podrobněji pozorovat na různých klimatologických modelech. Tyto modely nám ukazují přibližný vývoj klimatu do budoucna. Také jsme si mohli všimnout výrazných vysokých teplot v letech 2014, 2015, 2016, které byly až nadprůměrně teplé a množství srážek bylo opravdu minimální. To vše mělo svůj dopad jak na obyvatele samotné, tak na zemědělství a výrobu. Tento deficit nenapravil ani rok 2017, který naopak byl na srážky velice vydatný. Tyto informace nám byli sděleny na odborné přednášce na Českém hydrometeorologickém ústavu v Brně, prostřednictvím předmětu Meteorologie a klimatologie.

Je velice důležité a myslím, že je i na místě toto téma řešit, především pro budoucí generace. V budoucnosti by mohla nastat situace, že pitné vody bude nedostatek. Proto potřebujeme alespoň částečné řešení, a to zamyšlení se nad tím, jak s vodou šetřit a jak ji lépe využívat.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je jednak vytvoření literární rešerše na dané téma Využití dešťových vod z objektu rodinného domu a také praktická aplikace dosažených poznatků ze studia.

V první části obsahující literární rešerši jsem se zaměřila na problematiku dešťových vod jejich složení, množství, kvalita a především, co nejširší využití.

Druhou částí práce bude zpracování studie, kde bude řešeno hospodaření s dešťovými vodami v oblasti rodinného domu č.p. 132 v obci Voleč v Pardubickém kraji. Bude vybrána nejvhodnější možnost využití a způsob akumulace dešťových vod. Poté se navrhne technické řešení pro závlahu a zasakování v objektu. Zasakování bude řešeno na základě vsakovací zkoušky a navrhnut vsakovací objekt. Vše bude korespondovat se znalostmi, dosaženými v teoretické části práce.

3 DEŠŤOVÉ VODY

3.1 Srážkové procesy

Informace z této kapitoly jsou obsaženy v publikaci Krejčí a spol. *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup*. [1]

Vznik a průběh atmosférických srážek je vysoce komplexní, dynamický a nelineární fyzikální proces. Tento průběh je způsoben nasycením vzduchu vodními parami, teplotou, která umožňuje kondenzaci nebo mrznutí vodních par a přítomností kondenzačních jader (prach a kouř), na kterých se vodní kapky nebo ledové krystalky vytvářejí a rostou. Mohou nabývat skupenství kapalné (déšť, mlha, rosa) nebo pevné (sníh, led).

K adiabatickému ochlazení vzduchu na teplotu rosného bodu dochází:

- Tepelnou konvekci (stoupání vzduchových vrstev po předcházejícím ohřátí nestejnorodého povrchu během letních slunečních dnů).
- Orografickými vlivy (stoupání vzduchu vynuceném při přechodu orografické překážky např. pohoří).
- Konvergencí (výkluznými pohyby vzduchových vrstev po frontálních plochách teplejších nebo chladnějších vzduchových hmot).

Atmosférické srážky můžeme rozdělit na tři typy:

- **Konvektivní srážky** – lokální, jejich intenzita je značně rozdílná a jejich doba trvání je krátká (< 1 hod.), můžeme je také označit jako přívalové deště, ze kterých dochází k lokálním záplavám.
- **Orografické srážky** – vyskytují se v horských a podhorských oblastech, jejich doba trvání a intenzita závisí na velkoplošném počasí.
- **Frontální srážky** – dlouhodobé srážky působící na větší plochu, jsou také ve středoevropských pásech hlavními zdroji dešťových srážek, při studené frontě jsou dešťové intenzity zpravidla vyšší než při teplé frontě, kde jsou naopak prostorově rozlehlejší.

Tabulka 1. Příklad klasifikace dešťů a jejich charakteristických hodnot (podle Uhlíře, 1995). Údaje o periodicitě, které doplňují Uhlířovu klasifikaci, byly odhadnuty na základě Truplových vyhodnocení (VÚV, 1958) pro české povodí Labe. [1]

Název	Doba trvání deště = 1 hodina		
	Množství srážky v mm	Průměrná intenzita $1.s^{-1}.ha^{-1}$	Odhadovaná periodicitá rok ⁻¹
Déšť slabý	1 mm	≤ 3 mm	–
Déšť mírný	1,1 – 5,0	3 – 14	> 5
Déšť silný	5,1 – 10,0	14 – 28	5 – 2
Déšť velmi silný	10,1 – 15,0	28 – 42	2 – 1
Liják	15,1 – 23,0	42 – 64	1 – 0,3
Príval	23,1 – 58,0	64 – 160	0,3 – 0,03
Průtrž	$\geq 58,1$	≥ 160	< 0,03

3.2 Srážkové poměry v České republice

Veškeré srážkové poměry a jejich složení u nás sleduje a zaznamenává Český hydrometeorologický ústav, dále jen ČHMÚ a příslušná povodí.

Informace z této kapitoly jsou obsaženy v publikaci Krejčí a spol. *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup* [1]

Roční srážkový úhrn na území České republiky, dále jen ČR, kolísá přibližně mezi 450 mm (Žatecko, Slánsko, Dyjskosvratecký úval) a 1500 mm i více v horských oblastech (Beskydy, Jeseníky a Krkonoše). Z celého území ČR připadají asi dvě třetiny na území s ročními srážkami 600 – 800 mm. Nejméně se vyskytující srážky jsou v oblastech nacházející se v dešťovém stínu hor. V Čechách je to stín způsobený západními pohraničními horami, na Moravě působí obdobně Českomoravská vrchovina a Drahanská vysočina. Dále velmi chudá oblast na výskyt srážek je Jihomoravský kraj.

Srážkový výškový gradient se v České republice pohybuje mezi 50 – 60 mm.rok⁻¹ na 100 m nadmořské výšky.

Z ročních úhrnů srážek připadá nejvíce na vegetační období tedy během jara až podzimu, kdy na jaro připadá 25 %, na léto 40 % a na podzim 20 %, nejméně pak na zimu a to 15 %. Nejvydatnější na srážky z jednotlivých měsíců v roce je červenec, naopak nejchudší je únor.

V jednotlivých letech dosahuje kolísání srážek v průměru asi $\pm 40 \%$. V průběhu 20. století bylo několikrát zaznamenáno i kolísání mezi 50 – 150 % průměrných ročních srážek.

3.3 Povrchový odtok dešťových vod

Odtok srážkových vod Q se přibližně stanoví z obecného vztahu

$$Q = \Psi \cdot S_s \cdot q_s \quad (10^{-3} m^3 \cdot s^{-1}), \quad (1)$$

kde Ψ je součinitel odtoku, S_s – plocha povodí (ha), q_s – intenzita směrodatného deště uvažované periodicity p ($S \cdot s^{-1}$ z 1 ha). Hodnoty součinitelů podle ČSN 75 6101 jsou uvedené v tabulce 2.

Další údaje o srážkách se stanoví vyhodnocení naměřený srážek z nejbližší srážkoměrné stanice. Příslušné údaje jsou k získání u Českého hydrometeorologického ústavu. [2]

Tabulka 2. Součinitelé odtoku podle ČSN 75 6101 (vybrané orientační údaje) [2]

Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku Ψ při konfiguraci území (-)		
		rovinné (do 1%)	svažité (1-5%)	prudce svažité (nad 5%)
Budovy	v uzavřených blocích ⁽¹⁾	0.7	0.8	0.9
	v uzavřených blocích ⁽²⁾	0.6	0.7	0.8
	v otevřených blocích	0.5	0.6	0.7
	při volné zástavbě	0.4	0.5	0.6
Rodinné domy	sdružené v zahradách	0.3	0.4	0.5
	izolované v zahradách	0.2	0.3	0.4
Sady, hřiště		0.1	0.15	0.2
Zelené pásy, zahrady, louky		0.05	0.1	0.15
Lesy		0	0.05	0.1

Poznámky:

⁽¹⁾ vydlážděné nebo zastavěné plochy, ⁽²⁾ uvnitř bloku zahrady

3.4 Kvalita a složení dešťových vod

Veškeré složení a kvalitu srážkových vod sledují a zaznamenávají pracovníci ČHMÚ a pracovníci povodí.

3.4.1 Látkové znečištění v atmosférických srážkách

Jelikož dešťové mraky vznikají odpařováním, můžeme tímto dešťovou vodu považovat za naprosto čistou. Ovšem při průchodu srážky atmosférou, dochází k promísení a vázání s různými chemickými látkami. Srážka je v tomto prostředí značně ovlivněna znečištěním vzduchu. Větší riziko znečištění je ve velkých městech a průmyslových oblastech.

Dešťová voda není čistým kondenzátem, ale odráží přirozené pozadí zemského povrchu tak i antropogenní znečištění vzniklé lidskou činností. Ta se týká především kouřových plynů z průmyslové výroby a čím dál více rozšířenou dopravou. Toto znečištění je přenášeno na dlouhé vzdálenosti. Proto se v dešťové vodě objevují vlivy znečištění ze vzdálených oblastí tak i lokální znečištění.

Dešťová voda obsahuje nepřehledné množství organického a anorganického znečištění v takových koncentracích, které mohou mít negativní vliv na znečištění vodních toků.

Mezi antropogenní látky patří např. kyselina sírová, dusičná, chlorovodíková, k jejichž výskytu dochází ze spalování fosilních paliv, z výfukových plynů motorových vozidel. Dále pak sloučeniny chloru vznikají ze spalování umělých hmot s obsahem PVC. [3]

Naopak mezi látky pocházející z přirozeného prostředí patří uhličitany vápenatý a hořečnatý, amoniakální dusík. Zdrojem tohoto znečištění je jednak zemědělství (hnojiva) a přirozené pozadí (uhličitany). K dalším látkám patří především těžké kovy (emise z průmyslu a spaloven), organické látky (především uhlovodíky z výfukových plynů motorových vozidel) a rostlinné živiny (např. fosfor a amonné ionty erozí zemědělské půdy).

Při značném výskytu minerálních kyselin v atmosférických srážkách vzniká tzv. problém „kyselých dešťů“, který se projevil poprvé ve Skandinávii v šedesátých letech 20. století. Došlo zde k poškození vodní fauny a flory v místních jezerech. Podobné situace se staly i v USA, Kanadě tak i v České republice, kde byly nejvíce postiženy Severní Čechy. Kyselé deště způsobují zasolení půdy, její znehodnocení vůči pěstebním podmínkám. Pro odstranění je nutné vyrovnat pH půdy např. pomocí vápnění, hydroxidem vápenatým Ca(OH)_2 . [1]

3.4.2 Vznik znečištění na zemském povrchu

Dalším původem znečištění srážek je bezdeštné období, při kterém se na zemském povrchu nashromáždí velké zastoupení prachových částic společně s ostatním znečištěním vzniklém při dlouhém suchu, které jsou s dešťovou vodou odváděny. [3]

Velké procento zpevněných ploch tvoří dopravní plochy různého typu – chodníky, asfaltové komunikace, frekventované silnice, železnice apod. V průběhu času dochází,

jako u každého materiálu k jeho stárnutí a opotřebování. Běžně zde dochází k uvolňování jednotlivých částic různých velikostí a složení.

Pokud se zaměříme na dopravní plochy, tedy přesněji na dopravní prostředky uvidíme, že znečištění zahrnují pevné částičky a polyaromatické uhlovodíky uvolněné z nespáleného paliva, sloučeniny olova z přísad pohonných hmot a uhlovodíky uvolněné z olejů, mazadel a hydraulických systémů. Znečištění z důsledků dopravy je opravdu veliké, počínaje opotřebování pneumatik, vozovky atd. Z těchto materiálů se uvolňují částice obsahující škodlivé látky. Dalším problémem znečištění z dopravy je zasolování silnic v zimním období. To způsobuje výrazné zvýšení chloridů v dešťových vodách. Alternativou soli jsou pak dále písek, šterk a škvára, které mají stejný dopad na znečištění dešťové vody a jejího odtoku.

Dalším zdrojem znečištění je samozřejmě průmysl a výroba. K významnému znečištění dochází při manipulaci se surovinami a při jejich zpracování, při manipulaci s nejrůznějšími chemikáliemi v průmyslových areálech, ve stavebnictví (mytí znečištěných zdrojů, ztráty oleje), v dopravě (chemikálie proti námrazám na letadlech, pesticidy v nádražních areálech) apod.

Mezi další způsoby znečištění patří velké množství odpadků nejrůznějšího druhu. Dále pak moč a výkaly domácích nebo divokých zvířat na chodnících, vozovkách, v parcích a na dalších plochách, kde jsou zdrojem bakteriologického znečištění, znečištění organickými látkami a amonnými ionty. Znečištění může být způsobeno i odumřelou vegetací a zbytky z ošetřování vegetace. Tento materiál může při odvádění dešťových vod způsobit mechanické poškození. [1]

Musíme také zmínit odtok ze střešní krytiny. Tento odtok je pro nás jedním z nejdůležitějších, neboť drtivá většina dešťových vod se zachytává právě ze střech. Dešťová voda odvedena ze střešní krytiny je zpravidla mnohem méně znečištěna než přímý odtok z městských dopravních ploch.

Nesmíme také opomenout znečištění, které je způsobeno opotřebování stavebních materiálů se kterými dešťová voda přijde do styku jako je např. krytiny střech domů, betonové plochy, různé kovy (okapy), barvy, asfalt atd. Tyto částice tvoří značnou část znečištění dešťových vod.

Při stanovení velikosti znečištění v dešťovém odtoku je významná délka bezdeštného období, intenzita atmosférických srážek. Téměř veškeré látkové znečištění, které se vyskytuje v dešťovém odtoku, značí na začátku odtoku vyšší koncentrace než v jeho dalším průběhu. [3]

Tabulka 3. Chemické složení srážek v ČR – průměrné hodnoty koncentrací (ČHMÚ, Košetice, 2004) [3]

	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
mg. l ⁻¹	0,37	0,06	0,25	0,19	0,9	1,7	0,31

	NO ₃ ⁻	Fe	Mn	Pb	Zn	F
mg. l ⁻¹	2,4	0,017	0,007	0,002	0,07	0,012

Při využívání dešťové vody nesmí dojít k těmto důležitým problémům:

- k ohrožení zdraví uživatele,
 - k ohrožení kvality pitné vody,
 - k omezení spolehlivého užívání vody,
 - ke kontaminaci životního prostředí, což se týká především půdy a podzemní vody.
- [2]

Tabulka 4. Z hlediska jednotlivých způsobů užívání dešťové vody jsou požadavky na její látkové složení různé [2]

Druh znečištění	Požadavky na složení dešťové vody ze střech			
	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla
Nerozpuštěné látky	Inertní NL jsou neškodné	Vyšší konc. neškodné	Bez významného vlivu	Zpravidla nutná úprava (filtrace)
Organické látky	Inertní NL jsou neškodné	Bez významu		V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě			
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půd. organismů			
Mikroorganismy	Zpravidla bezvýznamného vlivu			
Barva				Nebezpečí obarvení
Zápach				Bez významu
Agresivita vody				Dle složení vody
Celkové posouzení	Vhodnější než pitná voda	Použití zpravidla bez omezení	Použití zpravidla bez omezení	Při nadbytku v kombinaci s pitnou vodou

4 VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD

V minulých letech se odvodnění urbanizovaného území řešilo tím, že byla snaha o co nejrychlejší odvedení zvýšeného množství srážkových vod mimo kanalizaci do nejbližšího vodního recipientu. V poslední době je naopak snaha o hospodaření s dešťovými vodami. Uplatňujeme zde novou koncepci přírodě blízkého hospodaření se srážkovými (dešťovými) vodami (HDV). [2]

Základním cílem hospodaření se srážkovými vodami je jejich návrat do přirozeného koloběhu vody. Kromě podpory výparu a zpomalení povrchového odtoku jde především o akumulaci srážkových vod a jejich vsakování do horninového prostředí. [4]

4.1 Způsoby předčištění

Využití dešťových vod v okolí rodinného domu lze rozdělit na dva systémy a to na závlahu a využití v domácnostech. Při využívání dešťových vod v domácnosti např. při praní a splachování, je vyžadováno jejich kvalitnější vyčištění. Jednotlivé prvky spotřebičů, kterými je dešťová voda přiváděna, jsou náchylnější na zanášení nečistotami, které by mohly způsobit nemalé problémy. Při tomto využívání se klade větší důraz na předčištění např. pomocí jemnějších filtrů, které zachytí větší množství znečištění.

Pokud bychom se věnovali spíše předčištění vod pro závlahu je nutné dešťové vody alespoň částečně mechanicky vyčistit pomocí různých způsobů, které jsou v této části práce podrobněji rozepsány.

Tato kapitola se věnuje především předčištění vod využitelných v okolí rodinného domu. Předčištění se tedy týká dešťových vod akumulovaných do nádrží a předčištění dešťových vod při zasakování. Veškeré možnosti jsou shrnuty v následujících tabulkách, které byly vyňaty z technické normy vodního hospodářství TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami. [5]

4.1.1 Způsoby předčištění dešťových vod akumulovaných do nádrží

Tabulka 5. Způsoby předčištění dešťových vod akumulovaných do nádrží [5]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozpustné sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky Usazovací nádrže	++	++	++	++	--	--
	Dešťové nádrže	++	++	++	++	--	--
	Hydrodynamické odlučovače	++	+	+	--	--	--
	Odlučovače lehkých kapalin	++	++	+	++	--	--
Sedimentace a biologické čištění	Retenční nádrže se zásobním objemem, mokřady	+, o	++	++	-, o	++	++
Filtrace mechanická	Pískové a šterkové filtry	++	++	+	--	--	+
	Geotextílie	++	++	+	--	--	--
Filtrace a biologické čištění (popř. přes půdní vrstvu)	Pískové a šterkové filtry porostlé vegetací	+, o	++	++	-	++	++
	Průlehy rýhy Retenční půdní filtry	+, o	++	++	++	++	++
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí, koks	o	o	++	++	++	--
	Zeolity	o	o	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	o	o	++	--	--	--
	Adsorbenty olejů	--	--	--	++	--	--
++ vhodné + podmíněčně vhodné o ve spojení s dalším opatřeními - spíše nevhodné -- nevhodné							

Jak vyplývá z tabulky 5, bude pro předčištění dešťových vod pro akumulční nádrž vhodná gravitační separace, sedimentace pevných částic a vyplavování lehkých částic. Tato metoda je vhodná pro hrubé nečistoty, splaveniny jemné částice a těžké kovy. Naopak je velmi nežádoucí vyplavování a sedimentace organických látek a živin.

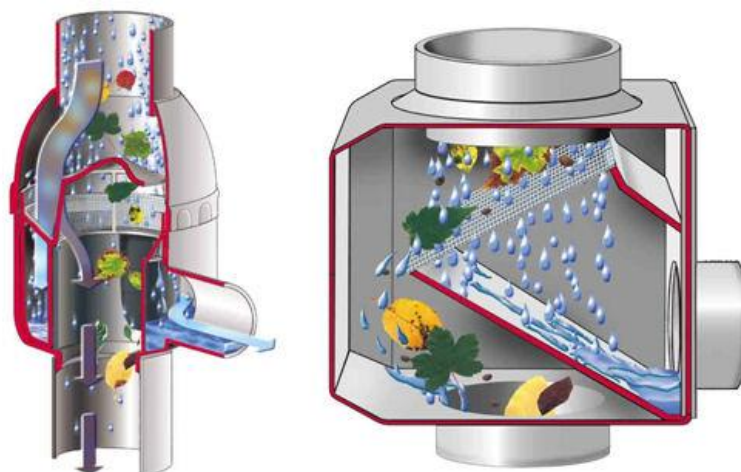
Při řešení, jakým způsobem budeme znečištěné dešťové vody čistit, musíme zohlednit také to, na co je budeme využívat, viz kapitola 4. Pokud se jedná o závlahu a úklid zahrady, je dobré využívat systém, který v dnešní době vyžaduje zvláštní filtraci vody. Také je samozřejmostí zabezpečení akumulční nádrže před nejružnějšími většími splaveninami např. listí, které by nádrž zanášely.

Abychom tomuto znečištění předcházeli využíváme okapové filtrační jednotky. Jedním z nich je filtrační podokapový hrnec, který je určen pro filtraci vody z jednoho okapového svodu. Při samotné realizaci se umísťuje do země a ukládá se na vrstvu betonu nebo šterku. Samotné tělo filtru je tvořeno ze silnostěnného polypropylénu. Filtrace je zajišťována sítkem, na kterém je umístěna cca 5 cm vrstva filtračního materiálu, tedy kameniva, na jejichž povrchu se zachytávají nečistoty. Mezi kamenivem a filtračním sítkem je umístěna filtrační vložka z netkané textilie. [6]



Obrázek 1. Okapový hrnec [6]

Jako dalším zabezpečením akumulční nádrže se používá okapový filtr, který se nasazuje na okapový svod. Okapové filtry odstraní hrubé nečistoty, ale jen částečně odfiltrují jemné částice jako je prach, písek apod.



Obrázek 2. Okapový filtr [6]

Jak bylo zmíněno tyto filtry odstraní pouze hrubé nečistoty a velmi malé množství jemných nečistot. Proto je důležité, při svodu do akumulací nádrže dešťovou vodu ještě jednou vyčistit a to filtrem, který se umístí buď před akumulací nádrž nebo přímo do ní. [6]

Pro filtraci můžeme použít dva typy filtrů, interní nebo externí. Externí filtry jsou samostatné filtrační šachty, které se umísťují před nádrž do terénu. Zpravidla umožňují spojení dvou větví okapových svodů a po přefiltrování vody umožní odtok čisté vody do akumulací jímky. [6]



Obrázek 3. Externí filtr AS-PLURAFIT [21]

Pak jsou tu interní filtry. Ty se umísťují do vnitřní části nádrže a používají se v případech, kdy máme vyšší nároky na čistotu dešťové vody. Tyto filtry mají speciální samočistící systém a vynikají dalšími nadstandardní funkcemi k vyčištění dešťové vody. [7]

Při využívání dešťových vod v domácnosti např. při praní a splachování, je vyžadováno jejich kvalitnější vyčištění. Jednotlivé prvky spotřebičů, kterými je dešťová voda přiváděna, jsou náchylnější na zanášení nečistotami, které by mohly způsobit nemalé problémy. Proto se využívá filtrace pomocí jemného filtru, který se umístí za čerpadlo v nádrži.

4.1.2 Způsoby předčištění dešťových vod při zasakování

Tabulka 6. Způsoby předčištění dešťových vod při vsakování a účinnost pro různé druhy znečištění [5]

Způsob čištění	Zařízení	Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy a jejich nerozpuštěné sloučeniny	Uhlovodíky (minerální oleje, ropné látky)	Organické látky (nepatřící k jemným či hrubým částicím)	Živiny
Zachycení hrubých nečistot	Vtokové mřížky	++	--	--	--	--	--
	Lapače listí	++	--	--	--	--	--
	Česle	++	--	--	--	--	--
	Síta	+, o	--	--	--	--	--
Vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu (filtrace, adsorpce, biologické čištění)	Průlehy Průlehy-rýhy Vsakovací nádrže	++	++	++	++	++	++
Gravitační separace látek (sedimentace pevných částic a vyplavání lehkých látek)	Kalové jímky Usazovací nádrže	++	++	++	++	--	--
	Odlučovače lehkých kapalin s kalovou jímkou	++	++	+	++	--	--
Filtrace mechanická	Pískové a štěrkové filtry	++	++	+	--	--	--
	Geotextílie	++	++	+	--	--	--
Filtrace přes adsorpční materiál	Aktivní uhlí, koks	o	o	++	++	++	--
	Zeolity	o	o	++	++	+	--
	Hydroxidy železa a hliníku	o	o	++	--	--	--
	Adsorbenty olejů	--	--	--	++	--	--
++ vhodné + podmíněčně vhodné o ve spojení s dalším opatřeními - spíše nevhodné -- nevhodné							

4.2 Možnosti akumulace dešťové vody – zásobní nádrže

Tyto nádrže umísťujeme na zahradách u rodinných domů. Umísťujeme je jako podzemní nebo nadzemní nádrže. Opět musíme při výběru a návrhu nádrže zohledňovat smysl využití naakumulovaných dešťových vod. Jiné provozní požadavky mají nádrže, ze kterých využíváme vodu v domácnostech, a naopak jiné nádrže, které používáme na zalévání zahrady.

Dále rozlišujeme i různé materiály zásobních nádrží a to plast, beton, sklolaminát nebo ocel. Tyto jednotlivé materiály mají své výhody i nevýhody, při kterých se jedná především o prostor, do kterého máme možnost nádrž umístit. Dále pak o náročnost, jak finanční, tak instalační a také dle vybavení nádrže samotné. [8]

Pokud se dostaneme k samotnému návrhu objemu nádrže musíme brát v potaz velikost střešní plochy, předpokládající spotřebu dešťové vody, a především množství srážek za rok. Tento postup je nejběžnější, pokud uvažujeme pouze o využití dešťových vod pro závlahu. Společnost ASIO, která se zabývá čištěním a úpravou vod a také hospodařením s dešťovou vodou nabízí podrobný postup, jak jednotlivé objemy vody spočítat a určit tak velikost akumulační nádrže. Tento návod se týká pouze využívání vody v domácnosti.

4.2.1 Plastové nádrže

Plastové nádrže se nejčastěji vyrábí z polyetylenu, polypropylenu nebo v případě podzemních nádrží z plastu zesíleného skelnými vlákny. Výhodou těchto nádrží je jejich odolnost vůči korozi, malá hmotnost – snadnější manipulace při instalaci, jednoduchá údržba, a především využití prostoru variabilním složením. Vyrábí se v mnoha objemech od 1 m³. Nejčastěji se prodávají jako hotové sestavy.

Tyto nádrže rozdělujeme také dle způsobu výroby na nádrže bezešvé nebo svařované, válcové nebo pravoúhlé, samonosné nebo určené k obetonování. Jímky při instalaci umísťujeme na zhutněný šterkový podklad v podobě říčního šterku nebo kačírku o velikosti zrn 16-32 mm nebo se usazují také na betonovou desku.

Plastové nádrže po instalaci zajišťují filtraci srážkové vody, akumulaci srážkové vody, čerpání srážkové vody do rozvodu a nesmíme opomenout doplňování pitné vody do systému v případě nedostatku srážek. Dále jsou nádrže také opatřeny přepadovým potrubím do jednotné kanalizační sítě. V případě obcí, ve kterých není kanalizační síť je

přepad vyveden na pozemek mimo systém, nebo při vhodných geologických podmínkách do vsakovacího objektu. [9]



Obrázek 4. Podzemní plastová nádrž [22]

4.2.2 Betonové nádrže

Betonové nádrže jsou druhým nejčastějším způsobem akumulace srážkových vod. Budují se buď monolitické, které mají nevýhodu, že v průběhu let přestávají těsnit, nebo jako prefabrikáty. Výhodou betonových nádrží je přirozená neutralizace kyselé dešťové vody, kterou v plastovém zásobníku zajistí kousek přírodního vápence. Na rozdíl od plastových jsou betonové nádrže odolné velkému vnějšímu tlaku, proto se doporučují pro stavbu pod příjezdovými cestami.

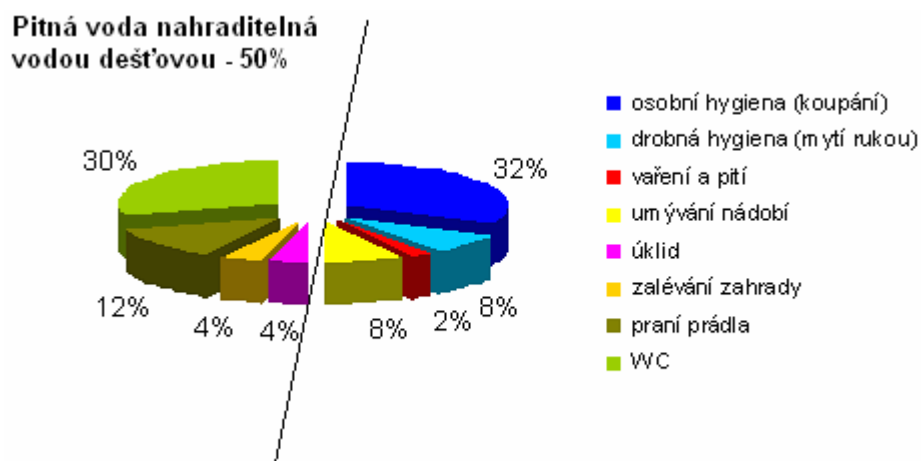
V případě prefabrikovaných betonových nádrží je jejich provozní instalace velmi snadná, neboť už jsou opatřeny všemi potřebnými zařízeními jako je čerpací stanice a filtr. [8]



Obrázek 5. Betonové nádrže [8]

4.3 Využití v domácnosti

Průměrná denní spotřeba pitné vody na jednoho obyvatele činí přes 100 litrů vody. Ale na přibližně 50 % z této spotřeby není zásadně nutné mít kvalitní pitnou vodu, proto může být dešťová voda použita jako náhrada. [3]



Obrázek 6. Diagram ukázky množství možné náhrady pitné vody za dešťovou [8]

V domácnosti se dešťové vody využívají především na toaletách a při praní. Pro toalety a jejich instalace je dešťová voda výhodná, jelikož je měkká a nedochází tedy k tvorbě vodního kamene. Splachováním WC navíc spotřebujeme společně se sprchováním nejvíce vody v domácnosti. Také nevyžaduje pitnou vodu vysoké kvality, už jen z tohoto důvodu ji můžeme nahradit vodou dešťovou.

Samozřejmě je důležité oddělit rozvody pitné vody od vod dešťových. Zároveň, ale musíme zajistit, aby bylo možné v případě nedostatku dešťových vod nahradit jí vodou pitnou.

Tvrdost vody je ve vodě způsobena rozpuštěnými sloučeninami vápníku a hořčíku. V případě pracích prostředků se rozlišují čtyři pásma tvrdosti. Dešťová voda spadá do prvního pásma tvrdosti. [8]

Tabulka 7. Tvrdost vody [8]

Stupnice tvrdosti vody:	Obsah solí mmol. l ⁻¹
Měkká	0,7 – 1,3
Středně tvrdá	1,3 – 2,5
Tvrdá	3,2 – 3,8
Velmi tvrdá	> 3,8

Dešťová voda se může využívat i při praní. Používá se především v oblastech, kde je dostupná pitná voda na praní příliš tvrdá nebo obsahuje vyšší podíl železa, manganu apod.

Dešťová voda vyniká právě svou příznivou měkkostí, která podstatně lépe rozpouští prací prášky, čímž sníží jejich spotřebu. Jelikož je voda měkká neusazuje se a nevytváří vodní kámen a tím nám pračku nezneškodňuje. Úspory se tak mimo spotřebu dešťové vody týkají snížené spotřeby pracích prostředků a snížení opotřebení pračky.

V dnešní době nabízí trh zboží pračky, které mají v sobě zabudované a oddělené přípojky na vodu. Tato pračka je sama schopna řídit proces praní a to tak, že při předpírce, hlavním praní a prvním máchání využívá právě dešťovou vodu, teprve až při posledním máchání pak vodu pitnou. Podle výsledků dlouhodobé studie Státního hygienického ústavu v Brémách nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi praním prádla v pitné vodě nebo ve vodě dešťové. [8]

Tabulka 8. Spotřeba vody potenciálních spotřebičů dešťové vody v domě [8]

Spotřebič		Spotřeba při použití
Toaleta	- se splachovačem	6 – 9 litrů
	- úsporné tlačítko	min. 3 litry
	- tlakový splachovač	6 litrů
Pračka	- normální program	asi 120 litrů
	- úsporný program	asi 80 litrů

Dešťovou vodu lze také využívat v případech údržby v okolí domu, kde není nutné hygienicky čistá pitná voda např. při mytí aut, úklid atd.

Pokud se budeme rozhodovat, jestli dešťovou vodu využívat v domácnosti nebo ne, musíme zohledňovat spoustu faktů, ke kterým patří např. zdali se nám tato investice vyplatí, počítat s vyššími náklady na provedení výstavby celého systému a jeho následné údržbě a další. Často se v těchto systémech vyskytuje i spojitost s čištěním odpadních vod tedy domácí čistírna odpadních vod, přes kterou je také možnost dešťovou vodu čistit, při správné instalaci. Toto využívání dešťových vod v domácnosti patří mezi složitější způsoby využívání dešťových vod.

4.4 Závlaha

Závlahy patří do základních způsobů, jak dešťové vody využívat. Závlahu lze ji rozdělit do tří skupin a to na doplňkovou závlahu, hnojivou závlahu a zvláštní závlahu. Při závlaze srážkovou vodou jde především o doplňkovou závlahu. Každá rostlina má svou vlastní potřebu vody pro svůj růst během vegetačního období, které připadá na měsíc duben až září. Proto se v tomto období dodává půdě a rostlině potřebná vlaha. Stanovením přesného závlahového množství se věnuje norma ČSN 75 0434 Potřeba vody pro doplňkovou závlahu. Pro návrh doplňkové závlahy v určité lokalitě se musí brát v úvahu některé předpoklady a podmínky mezi které patří nedostatečné nebo nevhodně rozdělené

srážky, teplota vzduchu, vlhkost ovzduší, povětrnostní podmínky, morfologie terénu a nepříznivé půdní a hydrologické podmínky. Závlaha zemědělských plodin a zatravněných pozemků je také obsažena ve Vodním zákoně 254/2001 Sb. [10]

V následujících dvou podkapitolách se budeme věnovat způsobům doplňkové závlahy v okolí rodinného domu a větších pěstebních ploch.

4.4.1 Závlaha postřikem

Je dnes nejčastěji využívaným druhem závlah jak u rodinných domů (závlaha trávníků, zahrádek), tak např. v zemědělství (závlaha rostlin). Mezi výhody závlahy postřikem patří nenáročnost na kvalitu a úpravu vody. Naopak nevýhodou je větší spotřeba vody a energie.

Postřikovače potřebují větší zdroj vod, kterým může být studna, blízký vodní tok nebo vybudovaná akumulární nádrž. Méně vhodným řešením je i připojení na vodovodní řad. Voda je dopravována na místo určení pomocí potrubí z vysokopevnostního polyetylenu (HDPE), nebo polyvinylchloridu (PVC), kde je čerpána čerpadly nebo čerpacími stanicemi (minimálně dvě čerpadla). Celý systém závlah je řízen řídicí jednotkou. Ovládá se nejčastěji z jednoho místa, kde máme možnost si celý systém závlahy nastavit od začátku doby zavlažování po množství potřeby vody. [10]

4.4.2 Mikrozávlaha

Mikrozávlaha dodává malé množství vody přímo k rostlinám pozvolna po kapkách nebo mikropostřikem. Mikrozávlahy se nejčastěji využívají v zemědělských kulturách, především pro sady, chmelnice, vinice i pro některé druhy zeleniny a ovoce. Své využití naleznou i u rodinných domů pro závlahy menších zahrádek se zeleninou nebo pro závlahu okrasných zahrad.

Mezi výhody mikrozávlah patří úspora vody až 50 %, přesné dávkování vody pro určitou rostlinu, nízké nároky na provozní tlak, úspora energie a trubních materiálů, využívání i ve svažitéjších lokalitách atp. Naopak nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a také vyšší požadavky na kvalitu vody. [10]

Mikrozávlahy rozdělujeme na:

- **Bodová závlaha** – voda se na místo určení dopravuje pomocí potrubí o malém průměru, které je opatřeno malými otvory nebo speciálními navlažovacími články z nichž voda pozvolna vytéká. Tento způsob se využívá především pro stabilní

závlahu kultur jako jsou sady a vinice. Voda je přiváděna bodově ke každé rostlině zvlášť. [10]

- **Kapková závlaha** – využívá se stejného principu jako u bodové závlahy. Potrubí je opatřeno jednotlivými kapkovači, kde pomocí kapek voda vytéká v malém množství ke kořenovému systému rostlin. Tento způsob závlahy má široké využití. Používá se při závlaze sadů, chmelnic, vinic, zeleniny, květin a v zahradnických sklenících. Pomocí kapkové závlahy můžeme rostlinám dodávat i potřebná hnojiva. [10]
- **Mikropostřik** – je také rozváděn pomocí potrubí o malém průměru, na které jsou napojeny mikropostřikovače nebo rozprašovače. Tento způsob umožňuje závlahu asi 1 m až 10 m vzdálenou a je vhodný pouze pro v řadě za sebou jdoucí rostliny, tedy pro sady, vinice a chmelnice. Nevýhodou tohoto systému je jeho rozsáhlý trubní systém. Naopak výhodou oproti klasické závlaze postřikem je úspora energie, vody a vyšší kvalita zavlažování. [10]

4.5 Zasakování

Tento způsob využití dešťových vod je nejdůležitější variantou ze všech již zmíněných možností, jak dešťovou vodu využívat. Zasakování by mělo být řešeno jako jedna z přednostních variant. V důsledku urbanizace území je stále častěji ovlivňován přirozený systém podzemní vody. Kvůli stále rozsáhlejším plošným zástavbám se zvětšuje podíl nepropustných ploch a tím dochází ke zmenšování přirozeného doplňování zásob podzemní vody. Umělou infiltrací neboli zasakováním srážkových vod z povrchového odtoku navracíme částečný přirozený režim podzemních vod. [4]

4.5.1 Legislativa

Zasakování je poměrně ve velké míře ovlivněno řadou předpokladů a podmínek. První podmínka je dána příslušnou legislativou. Vodní zákon 254/2001 Sb. Stavební zákon 183/2006 Sb. v platném znění. Tento zákon udává stavebníkům při provádění staveb, aby zajistili vsakování nebo zadržování srážkových vod. Dále pak prováděcí vyhlášky 268/2009 Sb. a 501/2006 Sb. uvádí, že odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch má být přednostně vsakováním. Přímou pro vsakování dešťových vod byla vydána norma ČSN 75 9010. Dále také technická norma vodního hospodářství TNV 75 9011, která řeší proveditelnost, přípustnost a volbu technického řešení při zasakování. Mezi další související podmínky se zasakováním, které obsahuje Vodní zákon, patří také nakládání s odpadními vodami a jejich vypouštění do podzemních vod, které je i nadále udělováno pouze výjimečně. [4]

4.5.2 Předpoklady pro vsakování

Mezi předpoklady pro vsakování patří prostorové možnosti, kde se příkládá důraz na umístění stávajících, popř. nově navrhovaných objektů v zájmovém území. Je důležité přihlížet k jejich zakládání, statickým a stabilitním požadavkům. Tyto možnosti jsou důležité pro velikost vsakovací plochy a retenčního objemu vsakovacího objektu. Je důležité přihlídnout k základům stavby s ohledem na hladinu podzemní vody a následnému zprovoznění vsakovacích objektů.

Ve velké míře se zohledňují geologické a hydrogeologické podmínky, které razantně ovlivňují typ vsakovacího prvku a také množství vsakované vody. Rozhoduje se tím, zda použít nadzemní vsakovací objekty nebo podzemní. Proto se provádějí geologické průzkumy odpovídajícího rozsahu a podrobnosti. Předpokladem pro vsakování srážkových je propustné horninové prostředí, které je schopno odvádět vsakované vody. [4]

Pokud se jedná o morfologii musíme zde také zmínit sklon terénu, který by neměl být zejména u plošného vsakování více než 5 %. V případech vyšších sklonů je vsakování nevhodné či neproveditelné. [5]

Dalším ovlivňujícím faktorem je jakost srážkové vody, která může nepříznivě ovlivnit jakost podzemní vody. Srážkové vody mohou být vypouštěny přes zeminy nenasycené zóny, kde probíhají samočisticí procesy. Dle normy ČSN 75 9010 musí být minimální hladina podzemní vody 1 až 1,5 m pod základovou spárou vsakovacího zařízení. Pro vsakování je však optimální hladiny podzemní vody 3 až 5 m od základové spáry vsakovacího objektu. [4]

Dalšími aspekty ovlivňující vsakování je poměr připojené redukované odvodňované plochy a vsakovací plochy vsakovacího zařízení A_{red}/A_{vsak} , který je směrodatný pro hydraulické zatížení vsakovacího zařízení a jeho čisticí účinek; čím nižší je hydraulické zatížení zařízení, tím vyšší je jeho čisticí účinek. [5]

Musíme zde zahrnout i provozní požadavky a nároky, které mohou představovat finanční výdaje v průběhu provozu zařízení. Jedná se především o nevhodné provozování a provozní podmínky, které negativně ovlivňují celý proces vsakování. V tomto ohledu si všímáme hlavně jakosti srážkové vody, údržbu vsakovacího zařízení, u podzemních nádrží k výměně filtračních vrstev atp. [4]

4.5.3 Návrh vsakovacího zařízení

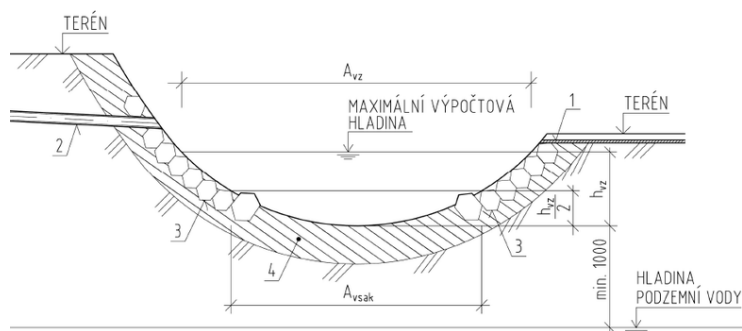
Při návrhu vsakovacího zařízení musíme určit velikost retenčního objemu a dobu prázdnění, která by měla být kratší než 72 hodin. Podkladem pro návrh je zaprvé již zmíněný koeficient vsaku, dále pak úhrn srážek při určité periodicitě a době trvání srážek, a nakonec velikost jak odvodňované, tak vsakovací plochy. Při návrhu vsakovacího zařízení je třeba myslet na vhodný bezpečnostní přepad vsakovacího zařízení buď na povrch pozemku, nebo do jednotné kanalizace. Při umístění vsakovacího zařízení na pozemku je třeba dodržet určitou vzdálenost od objektů a podzemních staveb, aby nedošlo k jejich vyplavení vlivem vztlakové síly. [11]

4.5.4 Rozdělení vsakovacích zařízení

Vsakovací zařízení rozdělujeme na nadzemní a podzemní. Mezi nadzemních vsakovací zařízení patří plošné vsakování (umělá vsakovací plocha), vsakování průlehy, vsakovací rýha, vsakovací suchá vodní nádrž, malé vodní nádrže a kombinace. [4]

Výhodou tohoto vsakování je, že se dešťová voda čistí přes humusovou vrstvu, která umožňuje separaci různých nečistot. Naopak nevýhodou je otevřená vodní plocha, na kterou také dopadají srážky, proto musíme počítat i s následným odvodněním. [11]

Podzemní vsakovací zařízení může být řešeno jako podzemní prostor vyplněný šterkem s drenážním rozvodným potrubím. Výhodou tohoto řešení je nízká finanční náročnost na výstavbu, a naopak oproti ostatním podzemním zařízením je nevýhodou velmi nízká životnost a vysoké náklady na obnovu. Je to z důvodu, že cca 75 % objemu je zaplněno šterkem a zbylých 25 % tvoří samotný retenční prostor vsakovacího zařízení.



Obrázek 7. Povrchový vsakovací příkop [11]

Dalším typem podzemního zařízení je vsakovací šachta. Výhodou tohoto zařízení je jeho jednoduchost, možnost přístupné revize, snadná obnova a nenáročné finanční náklady na výstavbu. Ovšem nevýhodou je jeho omezená vsakovací plocha. Kvůli nepříznivým podmínkám se u nás v České republice využívá společně s jinými retenčními prvky. Této

kombinace se využívá v místech, kde jsou vhodné podmínky pro zasakování do hlubších vrstev. [11]



Obrázek 8. Vsakovací šachta od společnosti ASIO [11]

Mezi poslední typ podzemního vsakovacího zařízení patří objekt z vsakovacích objektů. Tyto objekty jsou plastové a patří k nejmodernějším vsakovacím zařízením. Jejich konstrukce je vytvořena tak, aby byl maximálně efektivně využit celý objem vsakovacího objektu, který je v tomto případě volný a jeho kapacita je přibližně rovna jeho objemu. Takto vytvořený objekt je tedy vhodný pro akumulaci i nárazového přívalového deště a následně postupné zasakování dešťových vod.

Mezi další výhody řadíme možnost revize, čištění a materiálové provedení. Tyto charakteristiky souhrnně znamenají mnohonásobně vyšší životnost než v případě šterkového vsakovacího objektu. V neposlední řadě jsou takto tvořené objekty lehké a skladné, což zjednodušuje dopravu na stavbu i samotnou montáž. Finančně jsou naopak náročnější, ale v tomto případě se nám investice během několika let vrátí. [11]

Plastové bloky vsakovacího systému mohou být tunelového tvaru skládající se z lehké, plastové, půlkruhové schránky (schránek), která je uzavřena z obou stran plastovými čely. Tím je vytvořen podzemní prostor s velkou téměř 100 % zásobní kapacitou. Tunely je možné skládat za sebe, případně rozdělit objekt na více řad paralelně vedle sebe.

Druhým typem plastových bloků jsou hranaté bloky voštinového typu, které je navíc možné skládat ve vrstvách na sebe, čímž umožňují velkou variabilitu rozměrů celého zařízení. Voštinové bloky se pokládají na štěrkový podklad s rozvodným potrubím a oddělují se od okolních vrstev geotextilií, bránící zanesení objektu obsypem. Oba typy těchto objektů je stejně jako ostatní podzemní vsakovací objekty třeba odvzdušnit, aby mohl být objekt rovnoměrně plněn vodou, přičemž je z objektu vytlačován vzduch. [11]



Obrázek 9. Tunelový vsakovací objekt [11]



Obrázek 10. Voštinové bloky [11]

5 PRAKTICKÁ ČÁST – STUDIE ŘEŠENÍ U RODINNÉHO DOMU

Pro praktické využití teoretické části bude aplikován závlahový systém pro rodinný dům v obci Voleč, Pardubický kraj. Tato část patří mezi sušší oblasti České republiky, proto je na místě dešťové vody využívat v co největší míře.

5.1 Řešená lokalita

5.1.1 Současný stav

Prozatímní závlaha užitkové a okrasné zahrady je řešena pomocí dvou nadzemních nádrží o celkovém objemu 2 m³. Do těchto nádrží je sveden odtok jen z části plochy střechy. Přebytková dešťová voda ze zbylé plochy střechy je z okapních svodů vedena do potrubí, které ústí k hranici pozemku.

V blízkosti těchto nádrží je umístěno čerpadlo, které čerpá vodu do zavlažovací hadice. Případně jsou nádrže opatřeny kohouty na napuštění konví. Tento systém však vyžaduje spoustu času a také údržby nádrží. Největší nevýhodou je nerovnoměrná závlaha, při které nedochází k žádné závlaze zatravněné plochy, která tímto deficitem strádá. Z toho důvodu je snaha o zlepšení celého systému.

5.1.2 Obec Voleč

Obec Voleč se nachází v Pardubickém kraji, severozápadním směrem 20 km od Pardubic a 9 km od Lázní Bohdaneč. Obcí prochází silnice I. třídy č. 36. Z této silnice je pak nájezd a sjezd na dálnici D11 z obce Chýšť, která je asi 2 km vzdálená. Žije zde k 1. 1. 2018 367 obyvatel. Průměrná nadmořská výška obce je 249 – 290 m n. m, lze ji tedy považovat za velice výškově členité území. Katastrální rozloha obce činí 4,76 km². [12]

V katastrálním území se nachází komplex propojených vodních nádrží – rybníků. Dohromady jsou čtyři, však oficiálně pojmenované jsou dva z nich. Rybníky nesou názvy Březinský rybník a Beránek. Další dva si osvojili název pouze od obyvatel obce. Tyto rybníky mají své využití. Důležitou funkci plní Březinský rybník, do kterého je svedena potrubím část dešťových vod z obce. Rybník Beránek je využíván pro chov ryb. Oba dva jsou napojeni na Sopřečský potok, který naopak plní v nedaleké obci Žáravice vodní nádrž Švihov.

Obec je zasíťovaná pouze elektrickým vedením, vodovodem, telekomunikační sítí a plynem. Naopak chybí veřejná kanalizace, která je prozatím v řešení rozvoje obce. Každý

dům si řeší odpadní vody samostatně, pomocí septiků a následným vyvážením prostřednictvím fekálních vozů.



Obrázek 11. Řešená lokalita obec Voleč [23]

5.1.3 Zájmové území

Závlaha bude řešena u rodinného domu s č.p. 132. Pozemek se nachází na relativně rovinném území s částečným upravením terénu při výstavbě domu. Dům je řešen jako jednopodlažní dům s podkrovím. Celková rozloha zájmového území činí přibližně 1500 m². Rozloha domu zaujímá asi 150 m². Zbýlých 1350 m² tvoří zpevněná příjezdová cesta, vyložená zámkovou dlažbou a zahrada, s převážnou částí zatravnění s okrasnými rostlinami, ovocnými stromy a užitnou zahrádkou.



Obrázek 12. Zájmové území rodinného domu [23]

5.1.4 Hydrogeologické poměry

Hlavní půdní jednotka:	21
Genetický půdní představitel:	egozem arenická (RGr), pararendzina arenická (PRr), kambizem arenická (KAr), fluvizem arenická (FLr)
Půdotvorný substrát:	šterky a písky
Skupina půdních typů:	regozemě

Nejbližší hydrogeologický vrt se nachází 20 m, od řešeného území. Vrt je značen č. 240915 s původním názvem VL – 1. Jedná se o vrt svislý s hloubkou dosahující 15,1 m. Zastižený kvartér v hloubce 10,8 m. První hornina pod kvartérem je slínovec. V tomto vrtu nebyla zasažena hladina podzemní vody. [13]

5.1.5 Hydropedologické charakteristiky

Půdy s vysokou rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo šterky. [13]

Tabulka 9. Hydropedologická charakteristika [13]

Hydropedologická charakteristika	Rozsah hodnot	Kategorie
Hydrologická skupina	od 0.2 mm.min ⁻¹	A – půdy s vysokou rychlostí infiltrace
Infiltrace a propustnost	od 0.2 mm.min ⁻¹	vysoká
Retenční vodní kapacita	do 100 l.m ⁻²	nízká
Využitelná vodní kapacita	do 79 l.m ⁻²	nízká

5.1.6 Určení hydraulické vodivosti

Postup zkoušky byl převzat z elektronických skript KAMENÍČKOVÁ, Ivana. *Návody do cvičení (VHK): Hydropedologie*. [14]

Pro tuto zkoušku bylo nutné odebrat neporušené půdní vzorky z místa vybraného pro zasakovací objekt, na zahradě rodinného domu. Odběr vzorků se provedl v kopané sondě v hloubkách 30, 400 a 700 mm. V těchto hloubkách se vždy vytvořila plošinka, do které se plynule a svisle vlačoval Kopeckého váleček pomocí násadce tak dlouho, až sloupec vnikající zeminy převyšuje horní okraj válečku. Z každé hloubky byly odebrány 4 vzorky, které se po oddělení od zeminy začistily do úrovně základů. Nakonec se válečky zavíčkovaly a uložily do plechového kufříku.



Obrázek 13. Kopaná sonda pro odběr neporušených vzorků

Další částí bylo vzorky vyzkoušet na jejich propustnost. Vzorky se před samotným pokusem nechaly den kapilárně nasytit vodou na filtračním papíru. Po nasycení se vzorky vložily do permeamtru a dosytily se na plnou vodní kapacitu. Dále jsme vždy pro každý vzorek naměřili hladinu před vzorkem a hladinu ve vzorku pomocí elektronického čidla, které je součástí přístroje. Poté jsme pro každý vzorek naměřili proteklý objem za určitý čas, ze kterého se následně vypočítal ustálený průtok. Toto měření bylo provedeno dvakrát. Z naměřených hodnot se vypočítal průměr, ze kterého bylo možné vypočítat hodnotu koeficientu hydraulické vodivosti K .

Hodnota koeficientu nasycené hydraulické vodivosti K a ustáleného průtoku q se pak spočítá dle vztahu:

$$K = \left(\frac{q}{S}\right) \cdot \left(\frac{l}{H}\right) \quad [\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}], \quad (2)$$

kde: q ustálený průtok, $q = V/\Delta t$ [$\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
 V objem vody proteklý za čas Δt [cm^3],
 S plocha válečku [cm^2],
 l výška válečku [cm],
 H konstantní rozdíl hladin [cm].

Naměřené hodnoty jsou zaznamenány a zpracovány v příloženém protokolu v příloze A3 Určení hydraulické vodivosti, kde hydraulická vodivost pro spodní vrstvu vyšla $0,39 \text{ cm.s}^{-1}$. Tato hodnota byla dále použita pro návrh vsakovacího objektu prostřednictvím programu od společnosti ASIO.



Obrázek 14. Permeometr



Obrázek 15. Uložení vzorků do permeamtru

5.1.7 Hydrologické poměry

Územní srážky pro Pardubický kraj. [15]

Vysvětlivky: N dlouhodobý srážkový normál 1981 – 2010,

% úhrn srážek v % normálu 1981 – 2010,

S úhrn srážek v mm.

Tabulka 10. Územní srážky v letech 2014 – 2017 [15]

Rok 2014													
	Měsíc												Rok
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N	48	39	50	43	70	77	92	81	59	41	48	53	702
%	54	21	98	102	157	56	104	115	175	80	38	85	95
S	26	12	36	33	116	35	90	104	112	34	27	35	660
Rok 2015													
	Měsíc												Rok
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N	48	39	50	43	70	77	92	81	59	41	48	53	702
%	117	26	108	47	67	61	40	109	42	107	181	42	76
S	59	9	43	20	49	49	38	77	38	64	85	22	552
Rok 2016													
	Měsíc												Rok
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N	48	39	50	43	70	77	92	81	59	41	48	53	702
%	67	159	88	100	89	83	92	38	29	141	77	60	81
S	33	51	33	36	57	65	113	25	14	54	35	33	551
Rok 2017													
	Měsíc												Rok
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N	48	39	50	43	70	77	92	81	59	41	48	53	702
%	63	62	72	193	76	106	125	59	127	244	90	62	103
S	34	23	43	83	39	60	103	46	63	82	43	32	652

5.2 Navrhované řešení

Řešení využívání dešťové vody v okolí daného rodinného domu bude zahrnovat nově navrženou akumulární nádrž a kompletní závlahový systém zatravněné plochy, užitkové zahrádky a okrasného živého plotu. Dále zde bude navržen vsakovací objekt na základě vsakovací zkoušky – určení hydraulické vodivosti.

5.3 Hospodaření s dešťovou vodou

První fáze hospodaření s dešťovou vodou bude návrh akumulční nádrže a určení optimálního objemu. V nádrži pak bude zabudováno čerpadlo, které bude čerpat vodu do celého závlahového systému. Celý systém závlahy bude navržen pro užitkovou zahrádku, okrasný živý plot a zatravnění. V případě bezdeštného období bude voda doplňována pitnou vodou z vodovodní sítě. Nadbytečné dešťové vody budou z nádrže odvedeny přepadovým potrubím do vsakovacího objektu.

5.3.1 Měsíční bilance srážek

Hodnoty měsíčních srážek byly vypsány z knihy ZÍTEK, Josef. *Podnebí ČSSR: Tabulky*. [16] z let 1901 – 1950 pro srážkoměrnou stanici v Pardubicích. Je zde vypočítán objem srážek, vynásobením měsíční srážky a plochy střechy. Dále pak je určeno množství vody potřebné k celkové závlaze součtem potřeby pro postřikovače a potřeby kapkové závlahy. Jednotlivé objemy jsou uvedeny v přílohách A1 Kapková závlaha a A2 Podrobný popis postřikovačů, trysek a trubního systému. Jsou zde zpracovány a porovnány dvě varianty řešení.

Tabulka 11. Měsíční bilance srážek – Varianta 1

Měsíc	Srážkový úhrn [mm]	Plocha střechy [m ²]	Objem srážek [m ³]	Potřeba vody [m ³]
I	36	204.4	7.4	0.0
II	32		6.5	0.0
III	35		7.2	0.0
IV	45		9.2	78.4
V	60		12.3	79.2
VI	64		13.1	79.2
VII	81		16.6	79.2
VIII	73		14.9	80.1
IX	49		10.0	78.4
X	46		9.4	0.0
XI	40		8.2	0.0
XII	38		7.8	0.0

Z tabulky vyplývá že se bude zavlažovat pouze během vegetačního období, které je od dubna do konce září. Také vidíme, že potřeba vody pro závlahu je několikrát vyšší než objem srážek za daný měsíc. Tento rozdíl ovlivňuje především menší sběrná plocha střechy a také velká zavlažovaná plocha zahrady. Při shrnutí jde převážně o to, že bude

nutné vodu do akumulační nádrže doplňovat z vodovodní sítě. Jde tedy o finančně náročnější variantu závlahy.

Tabulka 12. Měsíční bilance srážek – Varianta 2

Měsíc	Srážkový úhrn [mm]	Plocha střechy [m ²]	Objem srážek [m ³]	Potřeba vody [m ³]
I	36	204.4	7.4	0.0
II	32		6.5	0.0
III	35		7.2	0.0
IV	45		9.2	39.2
V	60		12.3	40.0
VI	64		13.1	40.0
VII	81		16.6	40.0
VIII	73		14.9	40.9
IX	49		10.0	39.2
X	46		9.4	0.0
XI	40		8.2	0.0
XII	38		7.8	0.0

U druhé varianty byla snížena potřebná intenzita postřikovačů na polovinu. Tato změna se projevila zvláště na potřebě vody, která také klesla oproti Variantě 1 o polovinu. Dá se tedy říci, že tato varianta je méně náročná na potřebu vody, ale s tím že zatravněná plocha bude zavlažována naprosto minimálně.

Závěrem lze říci, že je rozhodnutí pouze na majiteli pozemku a investorovi, jakou z variant si vybere. Obě dvě řešení mají své výhody i nevýhody. Myslím si však, že zde budou hrát větší roli finance na provoz závlahy.

5.3.2 Výpočet množství dešťových vod

Výpočet povrchového odtoku srážkových vod byl proveden dle rovnice (1) uvedené v kapitole 3.3. Součinitel odtoku Ψ byl stanoven na 1,0 na základě normy ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod. Střešní plocha S_s byla změřena na 0,02044 ha. Intenzita deště byla zvolena dle Truplových diagramů a nejbližší stanice v Hradci Králové na 113 l.s⁻¹.ha⁻¹ při 15 minutovém dešti o periodicitě 1.

$$Q = 1,0 \cdot 0,02044 \cdot 0,113 = 2,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Množství (objem) srážkových vod stanovíme pomocí vypočítaného průtoku a dobou trvání návrhového deště, které činí 15 minut.

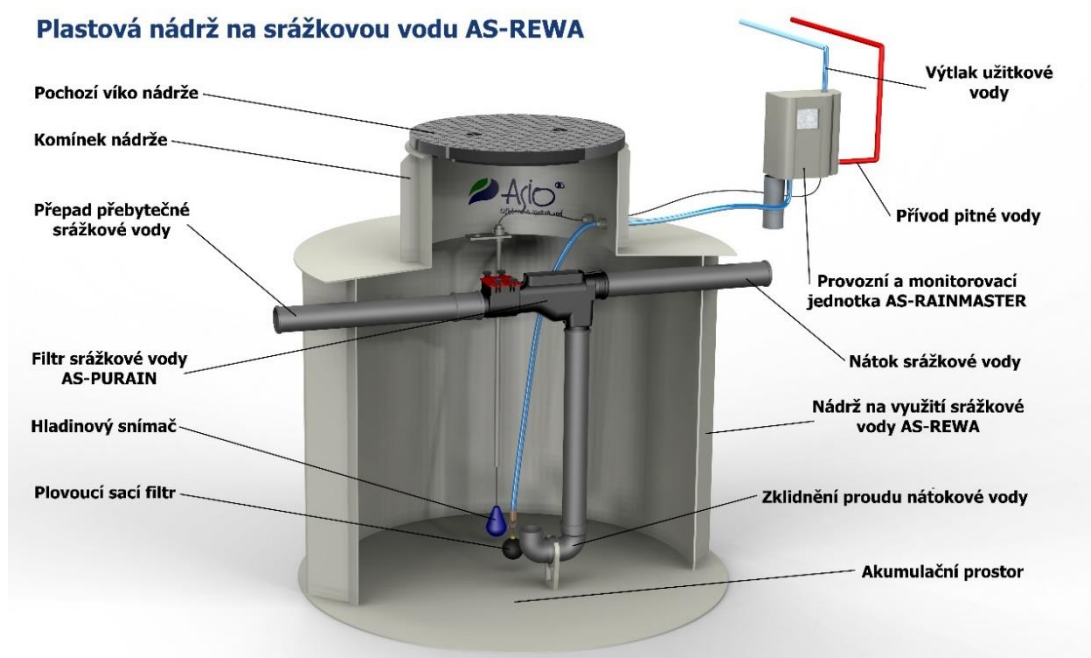
$$V = 2,31 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 15 = 2,08 \text{ m}^3$$

5.3.3 Akumulace

Pro akumulaci dešťové vody byla vybrána nádrž od společnosti ASIO model AS-REWA–AS-REWA Kombi 5EO. Tato nádrž zajišťuje filtraci, akumulaci, čerpání vody do rozvodů a doplňování pitné vody z vodovodní sítě do systému v případě nedostatku srážek. Vyrábí se jako samonosná válcová plastová nádrž, která se ukládá na betonovou základovou desku. Akumulační nádrž AS-REWA Kombi 5EO o objemu 4,7 m³ má půdorysný průměr válce 1900/2000 a celková výška i s typizovaným komínkem je 2300 mm.

Nádrž je opatřena o automatickou doplňovací jednotku, která zajišťuje doplňování vody při nedostatku srážek z vodovodní sítě, společnost ASIO má tuto jednotku pod názvem AS-RAINMASTER. Další součástí nádrže je čerpadlo, které dopravuje dešťovou vodu do rozvodů ke spotřebě např. na závlahu. S typovým výrobkem AS-REWA Kombi je dodávána kompaktní ponorná vodárna typu EASY E-DEEP 1200 s integrovanou zpětnou klapkou.

Při nadbytečném množství dešťových vod, bude jejich odtok soustředěn do nainstalovaného přepadového potrubí, které bude z důvodu chybějící kanalizační sítě zaústěno do vsakovacího objektu.



Obrázek 16. Plastová nádrž na srážkovou vodu AS – REWA [9]

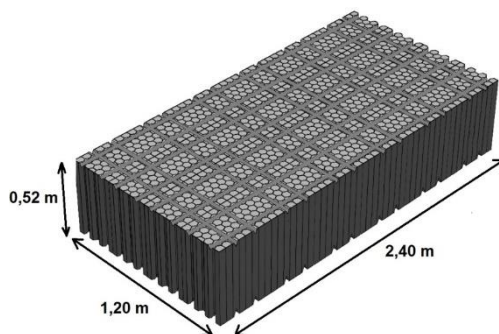
5.3.4 Vsakovací objekt

Vsakovací objekt, jak již bylo zmíněno bude navazovat prostřednictvím přepadového potrubí na akumulací nádrž. Dešťová voda se zde bude akumulovat a následně vsakovat. Při předpokladu, že by zde došlo k přeplnění vsakovacího objektu, bude zde zřízen nouzový přepad. Po dohodě bude soustředěn na sousední pozemek. Tento pozemek je sousedy využíván pouze pro zemědělské účely.

Vsakovací objekt bude sestaven z jednoho voštinového bloku, který bude instalován v hloubce 0,9 m, protože minimální krycí vrstva objektu je 0,3 m a samotný objekt má výšku 0,52 m. Opět se bude jednat o zařízení od společnosti ASIO. AS – NIDAFLOW jsou voštinové bloky z propylenu se strukturou včelí plástve a průtočnými horizontálními drážkami. Tyto bloky jsou určeny k vytvoření podzemního prostoru, který slouží k retenci dešťových vod. Svoji lehkou konstrukcí umožňují jednoduchou a rychlou ruční manipulaci při instalaci.

Vsakovací objekt umožňuje rozvádět akumulovanou dešťovou vodu ve vertikálním i horizontálním směru. Rychlý rozptyl dešťové vody v celém retenčním prostoru je zajištěn průtočnými drážkami na povrchu vsakovacího bloku. K rozvodu vody se používá drenážní potrubí, které je uloženo ve vrstvě šterku pod / nad / nebo uvnitř retenčního objektu. K bezproblémovému plnění a prázdnění bloků slouží odvětrávací potrubí nad bloky. Drenážní potrubí je zaústěno do revizních šachty. V tomto případě nebude revizní šachta zapotřebí.

Výpočet byl proveden za pomoci výpočetního programu od společnosti ASIO a je uveden v příloze A3 Vsakovací objekt. Použité vzorce ve výpočetním programu korespondují s normou ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod. Tento způsob patří mezi finančně náročnější. Jsou známi i podstatně levnější varianty, jak vsakovací objekt vystavit. Nabízí se např. vsakovací rýhy vyplněné propustným šterkem o frakci 16/32 mm s retencí a vsakováním do propustnějších půdních a horninových vrstev. [17]



Obrázek 17. Voštinový blok AS-NIDAFLOW [24]

5.3.5 Závlahový systém

Celý závlahový systém je tvořen kapkovou závlahou a postřikovači. Celková rozloha zavlažování kapkovou závlahou činí 115,1 m². Plocha zavlažování zatravněné plochy prostřednictvím postřikovačů činí 977,02 m². Celý systém je opatřen přívodním potrubím z akumulární nádrže, dále pak rozvodným potrubím do tří ventilových šachet s elektromagnetickými ventily, ze kterých je nataženo potrubí k jednotlivým postřikovačům dané sekce. Závlahový systém s postřikovači je rozdělen do 8 sekcí. Kapková závlaha je rozdělena do 3 sekcí. Celý závlahový systém je navržen se zařízeními od společnosti Hunter Závlahové systémy. Informace jsou dostupné z webové stránky <https://zavlahy.irimon.cz/>. [18]

5.3.5.1 Kapková závlaha

Kapková závlaha je umístěna na povrchu půdy okrasného živého plotu o rozloze 76,4 m². Dále bude stejným způsobem sezóně zavlažována i užitková zahrádka o rozloze 45,6 m².

Pro všechny tři sekce je navržena kapková závlaha PLD – 16 mm model PLD 22 s průtokem 2,2 l.hod⁻¹, spon kapkovačů činí 30 cm a balení obsahuje 100 m hadice a příslušenství kompatibilní s nástrčnými 16 mm tvarovkami. Při sponu 30 cm vychází vždy 12 kapkovačů na 1 m². Tento systém musí být opatřen filtrací 120 mesh, která je doporučena výrobcem.

Okrasný živý plot je vysázen z tují. Potřebné závlahové množství pro správný růst rostliny jsem kvůli nenáročnosti odhadem stanovila na 10 mm za týden. Závlahový systém je pro túje rozdělen do dvou sekcí K1 a K2 vždy po 100 m balení hadice. Dle výpočtů uvedených v příloze A1 Kapková závlaha – A1.1 Okrasný živý plot byl pro sekci K1 určen objem potřebný pro danou intenzitu na 0,34 m³ a pro sekci K2 na 0,42 m³. Tyto dvě sekce budou spouštěny díky nenáročnosti tují vždy jedenkrát týdně po dobu 23 minut.

Jak již bylo zmíněno pro užitkovou zahrádku byl navržen stejný systém. Celková plocha byla rozdělena na jednotlivé plodiny, do kterých patří paprika zeleninová, cibule ze sazečky, okurky salátové a rajčata. Během vegetačního období, které se u každé plodiny liší bylo vyňato potřebné množství vody v mm za vegetační období a následně spočítaný objem a čas závlahy. Závlahu užitkové zahrádky bude probíhat každý den a bude nastavena dle potřeby té dané plodiny. Podrobné výpočty k jednotlivým rostlinám jsou v příloze A1 Kapková závlaha – A1.2 Užitková zahrádka. Informace o potřebě vody za vegetační období pro jednotlivé plodiny byly použity z webové stránky dostupné na <http://ozahrade.webnode.cz/zavlahy-zeleniny/>. [19]

Kapková závlaha není na instalaci náročná a ani po stránce pořizovací ceny se pohybuje v přijatelných podmínkách. Při dnešní nabídce a porovnání cen jednotlivých prodejců může být celková cena závlahu přibližně 9900 Kč. Pro tento odhad se počítá pouze s potrubím a jednotlivými postřikovači.



Obrázek 18. Kapkovač [25]

5.3.5.2 Postřikovače

Závlahový systém pro zatravněnou plochu zahrady byl rozdělen do 8 sekcí na ploše 977,02 m². Pro každou sekci byl použit postřikovač od výrobce Hunter, typu PRO SPRAY, model PROS 0,2 s výsuvem 5 cm. Pro každý tento postřikovač byla navržena nastavitelná tryska s různými výsečemi, dle vhodnosti pokrytí plochy, tak aby bylo vždy dodrženo překrytí jednotlivých postřikovačů. Podrobnější informace k jednotlivým sekcím jsou rozepsány v příloze A1 Podrobný popis postřikovačů, trysek a trubního systému.

Celkový potřebný objem pro jednu zálivku činí 9,8 m³, při intenzitě 10 mm.hod⁻¹ a při minimálním potřebném množství vody zatravněných ploch 20 mm/týdně budou sekce spouštěny 2x týdně. Vypočtený objem při určité potřebě vody na celkovou závlahu postřikovači vyšel moc velký. V jednom měsíci by nám zachycená dešťová voda ze střechy pokryla závlahu minima měsíce. Proto by voda musela být doplňována do akumulární nádrže z vodovodní sítě. Kvůli velkému množství objemu potřebné vody byl pro porovnání navržen druhý systém, kde se intenzita potřebná k závlaze trávníku omezila na polovinu. Z toho vyplývá, že by trávník byl zavlažován 2x týdně po 5 mm na zálivku. Tímto by trávník dostával úplné minimum potřebné vody pro správný růst. Určení, který systém by byl výhodnější by si musel rozhodnout na základě dalších propočtů, především tedy investic, sám investor.

Celý systém je propojen přívodním potrubím a z materiálu polyvinylchlorid, dále jen PVC. Taktéž rozvodné potrubí k jednotlivým postřikovačům je navrženo z PVC o

různých světlostech potrubí, které se pohybuje v rozmezí DN 16 až DN 50. Tyto DN byly navrženy dle ŠEREK, Milan a Jan ŠÁLEK. *Inženýrské sítě a závlahové stavby: Vodohospodářské tabulky*. [20]

Důležitou součástí systému jsou ventilové šachty. Celkem zde byly navrženy 3 ventilové šachty, které jsou propojeny přívodním potrubím. V první ventilové šachtě bylo navrženo 6 elektromagnetických ventilů, ve druhé 3 elektromagnetické ventily a ve třetí 2 elektromagnetické ventily, které slouží k automatickému řízení závlahy prostřednictvím řídicí jednotky. Tyto součásti jsou dodávány se systémem.



Obrázek 19. Postřikovač PRO – SPRAY, HUNTER [26]



Obrázek 20. Uložení ventilové šachty [27]

V dnešní době je široká nabídka zařízení a komponentů pro závlahy. Při průzkumu cen u jednotlivých prodejců můžeme předběžně určit přibližnou cenu celého systému. Pokud budeme uvažovat pouze počet postřikovačů, trysek, trubního systému a ventilových šachet s elektromagnetickými ventily dostáváme se v tomto návrhu na cenový odhad 37 100 Kč. Do ceny však nezapočítáváme různé tvarovky při natažení potrubí a práci, pokud by výstavba nebyla prováděna svépomocí.

6 ZÁVĚR

V teoretické části byly rozebrány srážkové procesy, kvalita srážkových vod, jejich znečištění a čištění. Dále pak možnosti akumulace a vsakování. Informace získané z teoretické části byly využity pro zpracování praktické části.

Praktická část se věnuje využití dešťových vod v okolí rodinného domu. Je zde navrhována akumulační nádrž odpovídající velikosti a objemu AS – REWA od společnosti ASIO. Dále byl prostřednictvím vsakovací zkoušky, při určení hydraulické vodivosti navržen vsakovací objekt AS – NIDAFLOW, který se skládá z bloku voštinového typu, také od společnosti ASIO. Tento blok bude instalován za akumulační nádrž a bude sloužit pro akumulaci přebytečné vody z nádrže a dále pak především jako vsakovací (retenční) objekt pro následnou infiltraci vody do půdy.

Další zpracovaná část je věnována závlahovému systému, který se skládá ze závlahy zatravněné plochy, okrasných ploch a užitkové zahrádky. Zatravněná plocha pozemku bude zavlažována prostřednictvím rozprašovacích postřikovačů s nastavitelnou tryskou o různých roztečích, tak aby vždy bylo splněno pokrytí zavlažované plochy s danou intenzitou. Byly zde zpracovány dva systémy. První návrh splňoval potřebnou týdenní intenzitu závlahy pro travní porosty a to 20 mm/týden. Tento návrh je z hlediska financí náročnější, neboť zavlažovaná plocha je pro tento systém příliš velká. Při jedné zálivce by se spotřebovalo přibližně 10 m³, což kapacitně nesplňuje bilance srážek v měsíci. Pokud bychom se rozhodli pro tento návrh bylo by nutné vodu doplňovat z vodovodní sítě. Při nynější situaci s cenou vody (vodné a stočné) v Pardubickém kraji, která je k 1.1. 2018 89,60 Kč, je tato varianta opravdu nákladná, protože by se ze systému muselo dodávat minimálně dalších 60 m³, aby byly splněny podmínky vláhové potřeby. Proto byla navrhována druhá varianta, která intenzitu i potřebný objem pro závlahu zatravněné plochy snížila o polovinu. Trávník bude v tomto případě mírně strádat, ale náklady na provoz budou podstatně nižší než u první varianty. V těchto případech by záleželo na investorovi, která z variant by pro něj byla přijatelnější. Dále zde byl zpracován návrh kapkové závlahy pro okrasný živý plot a užitkovou zahrádku.

Lze tedy říci, že navržený komplexní systém hospodaření s dešťovou vodou pro danou lokalitu a konkrétní zahradu rodinného domu můžeme považovat za vhodný a při stejných podmínkách použitelný i pro jiné oblasti.

BIBLIOGRAFIE

- [1] KREJČÍ, Vladimír a Petr HLAVÍNEK, ed., Evžen ZEMAN, ed. *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup*. 1. vydání. Brno: NOEL 2000, 2002. ISBN 80-86020-39-8.
- [2] ŠÁLEK, Jan, Michal KRIŠKA, Oldřich PÍREK, Karel PLOTĚNÝ, Miloš ROZKOŠNÝ a Zdeňka ŽÁKOVÁ. *Voda v domě a na chatě: Využití srážkových a odpadních vod*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
- [3] HLAVÍNEK, Petr a Petr PRAX. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. 1. vydání. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- [4] DUCHAN, David, Jaromír ŘÍHA a Zbyněk ZACHOVAL. *Hydraulické aspekty infiltrace dešťových vod: hydraulika vsakování dešťových vod*. 1. vydání. Brno: LITERA Brno, 2014. ISBN 978-80-214-5017-2.
- [5] *TNV 759011 Hospodaření se srážkovými vodami*. 1.vydání. Praha: Hydroprojekt, 2013.
- [6] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění - TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2018-04-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>
- [7] *Filtr dešťové vody AS-PURIN / ASIO.cz* [online]. Brno: ASIO, spol. s.r.o., 2011 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-purain>
- [8] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení - TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2018-04-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizení>
- [9] *Nádrž na dešťovou vodu AS-REWA / ASIO.cz* [online]. Brno: ASIO, spol. s.r.o., 2011 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-rewa>
- [10] KRÁLOVÁ, Helena. *Vodní hospodářství krajiny I: Modul MO2, Část II - Závlahy* [online]. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2005 [cit. 2018-04-09].
- [11] VACEK, Jan. *Jak vypadá vsakovací zařízení srážkových vod - TZB-info* [online]. b.r. [cit. 2018-04-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/16968-hospodareni-se-srazkovymi-vodami>

- [12] *Obec - Oficiální stránky obce Voleč* [online]. Galileo Corporation s.r.o., 2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.obecvolec.cz/>
- [13] *EKatalog BPEJ - 3.21.10* [online]. VÚMOP v.v.i. - Půdní služba, 2017 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/index.php?value=32110>
- [14] KAMENÍČKOVÁ, Ivana. *Návody do cvičení (VHK): Hydropedologie* [online]. 1.vydání. Brno, 2013 [cit. 2018-05-02].
- [15] Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Územní srážky. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. b.r. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- [16] ZÍTEK, Josef. *Podnebí ČSSR: Tabulky*. 1. vydání. Praha: Hydrometeorologický ústav, Praha, 1961.
- [17] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Hydroprojekt, 2012.
- [18] *Automatický závlahový systém Hunter|Zavlažovací systémy - Automatické zavlažování - Hunter - Kapková závlaha* [online]. Praha: IRIMON, spol. s r.o., 1998 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://zavlahy.irimon.cz/>
- [19] *Závlahový režim :: Pěstování a druhy zeleniny* [online]. Webnode, 2010 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://ozahrade.webnode.cz/navstevni-kniha/>
- [20] ŠEREK, Milan a Jan ŠÁLEK. *Inženýrské sítě a závlahové stavby: Vodohospodářské tabulky*. 5. opravené. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1984.
- [21] AS-PLURAFIT. [Http://www.asio.cz](http://www.asio.cz) [online]. Brno: ASIO, spol. s r.o., b.r. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-plurafit>
- [22] *Podzemní nádrže | Podzemní nádrž na dešťovou vodu Carat XL 8500 l (bez poklopu) | Rainshop.cz - podzemní a nadzemní nádrže, vsakovací bloky a tunely, filtry, sběrače, čerpadla* [online]. b.r. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://www.rainshop.cz/Podzemni-nadrz-na-destovou-vodu-Carat-XL-8500-l-bez-poklopu-d66.htm>
- [23] *Voleč* [online]. b.r. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [24] *AS-NIDAFLOW / ASIO, spol. s r.o.* [online]. Brno: Topinfo CMS, 2011 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-nidaflow>
- [25] *Kapkový DCS i-DROP s kompezací tlaku* [online]. b.r. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://zavlahy-cz.com/dripper_pc
- [26] *Postřikovač trávníku Hunter "PRO - SPRAY" 15 cm* [online]. b.r. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://az-shop.cz/postrikovac-travniku-hunter-pro-spray-15-cm-sid-az-22002-detail>

- [27] *Jak probíhá realizace závlahy a zavlažovacího systému - AZ Zahrada* [online]. b.r. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.azzahrada.cz/jak-probiha-realizace-zavlahy.html>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Příklad klasifikace dešťů a jejich charakteristických hodnot (podle Uhlíře, 1995). Údaje o periodicitě, které doplňují Uhlířovu klasifikaci, byly odhadnuty na základě Truplových vyhodnocení (VÚV, 1958) pro české povodí Labe. [1].....	4
Tabulka 2. Součinitelé odtoku podle ČSN 75 6101 (vybrané orientační údaje) [2].....	5
Tabulka 3. Chemické složení srážek v ČR – průměrné hodnoty koncentrací (ČHMÚ, Košetice, 2004) [3]	8
Tabulka 4. Z hlediska jednotlivých způsobů užívání dešťové vody jsou požadavky na její látkové složení různé [2].....	8
Tabulka 5. Způsoby předčištění dešťových vod akumulovaných do nádrží [5].....	10
Tabulka 6. Způsoby předčištění dešťových vod při vsakování a účinnost pro různé druhy znečištění [5].....	14
Tabulka 7. Tvrdost vody [8]	17
Tabulka 8. Spotřeba vody potenciálních spotřebičů dešťové vody v domě [8].....	18
Tabulka 9. Hydropedologická charakteristika [13]	27
Tabulka 10. Územní srážky v letech 2014-2017 [15].....	30
Tabulka 11. Měsíční bilance srážek – Varianta 1	31
Tabulka 12. Měsíční bilance srážek - Varianta 2.....	32

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Okapový hrnec [6].....	11
Obrázek 2. Okapový filtr [6].....	12
Obrázek 3. Externí filtr AS-PLURAFIT [21]	12
Obrázek 4. Podzemní plastová nádrž [22]	16
Obrázek 5. Betonové nádrže [8]	16
Obrázek 6. Diagram ukázky množství možné náhrady pitné vody za dešťovou [8].....	17
Obrázek 7. Povrchový vsakovací příkop [11]	22
Obrázek 8. Vsakovací šachta od společnosti ASIO [11]	23
Obrázek 9. Tunelový vsakovací objekt [11]	24
Obrázek 10. Voštinové bloky [11].....	24
Obrázek 11. Řešená lokalita obec Voleč [23].....	26
Obrázek 12. Zájmové území rodinného domu [23]	26
Obrázek 13. Kopaná sonda pro odběr neporušených vzorků	28
Obrázek 14. Permeametr.....	29
Obrázek 15. Uložení vzorků do permeamtru	29
Obrázek 16. Plastová nádrž na srážkovou vodu AS -REWA [9]	33
Obrázek 17. Voštinový blok AS-NIDAFLOW [24].....	34
Obrázek 18. Kapkovač [25]	36
Obrázek 19. Postřikovač PRO - SPRAY, HUNTER [26]	37
Obrázek 20. Uložení ventilové šachty [27]	37

SEZNAM PŘÍLOH

Výpočetní část

A1 Kapková závlaha

A2 Podrobný popis postřikovačů, trysek a trubního systému

A3 Určení hydraulické vodivosti

A4 Vsakovací objekt

Výkresová část

B1 Situace širších vztahů zájmového území

B2 Situace stávajícího stavu

B3 Pokrytí závlahou – potrubí, typy postřikovačů

B4 Pokrytí zavlažovaných ploch

B5 Akumulační nádrž

B6 Umístění vsakovacího objektu